

Ultra-Large-Scale 시스템을 위한 자율적응형 기술 연구

정덕원[○], 이동훈, 민덕기
건국대학교
{dwchung[○], podong, dkmin}@konkuk.ac.kr

Self-Adaptive Technologies for Ultra-Large-Scale(ULS) Systems

Duckwon Chung[○], Donghoon Lee, Dugki Min
Konkuk University

요 약

시스템의 규모가 대형화되어 감에 '시스템의 시스템'의 형태로써 대규모 사이즈의 프로그램 다양한 목적을 가진 사용자들, 대규모 저장 데이터양과 처리, 소프트웨어 컴포넌트간의 복잡한 연결상과 상호 의존성, 하드웨어의 다양성등을 포함하는 초 대형 규모로 발전하고 있다. 또한 유,무선 인터넷의 보편화와 소형기 기들의 인터넷화 및 기존 서비스들의 개방화가 진행됨에 따라 새로운 독자적인 서비스를 만들기 보다는 SOA기반의 기존 시스템을 통합하여 새로운 서비스를 만드는 시도가 일어나고 있다. 최근 진행되고 있는 국가 및 산업의 대형 프로젝트들은 이러한 흐름에 따라 IT기술을 융합한 소프트웨어 기반의 초 대형 시스템 (Ultra Large Scale System)을 필요로 하고 있다. 이에 본 논문에서는 이러한 정보와 시스템의 대규모화에 대한 즉각적인 대처를 할 수 있는 Ultra Large Scale 시스템의 자율적응형 (Self-Adaptive) 기술 연구를 위하여 Self-Healing, Self-Integrating, Self-Orchestrating, Self-Managing, Self-Adaptring의 5가지 관점에서의 연구를 제안한다. 본 논문에서 제안하고 있는 연구의 파급 효과를 극대화 할 수 있는 영역은 e-Biz 시스템 u-city 시스템, USN 기반 물류 시스템 자동차 및 조선 사업의 IT융합 등의 대규모 시스템이 될 것이다.

1. 서 론

기존 시스템은 한 분야의 문제의 해결을 하기 위하여 시스템 구성과 아키텍처 설계에 주안이 되어 있으며 그 분야의 작업을 보다 효율적인 자원 관리를 이용하여 사용자에게 쉽고 편하게 시스템을 사용할 수 있도록 하는데 목적을 두고 있다. 그러나 사용자가 알지 못하는 영역까지 포함하여 시스템을 형성하여 한 분야에 국한되지 않는 다양한 서비스를 제공하여 주며 새로운 서비스를 신속하게 다른 서비스를 이용하여 조합하여 창출하는 Ultra Large Scale 시스템[1][2][3]은 다음과 같이 특성상 기존 시스템과 근본적으로 다른 이슈를 고려한다. Ultra Large Scale 시스템의 주 특성은 대규모로 인한 분산화, 충돌되고 알려지지 않은 다양화된 요구사항 계속적인 진화와 변동 상황 이기종의 특성과 일관화가 되지 않는 변동 가능한 구성 요소들 늘 잠재되어 있는 오류나 예외 상황들 새로운 패러다임의 습득과 정책들의 복잡성을 가지고 있다 이러한 Ultra Large Scale 시스템에 대한 연구는 소프트웨어 설계 및 구현의 측면에서의 시스템뿐만 아니라 서비스 이용자와 어플리케이션의 입장에 따라서 시스템을 구성하고 설계를 하며 시스템이 스스로의 Ecosystem화가 되어 시스템의 안정화가 자동으로 이루어지는 메커니즘과 다양성으로부터 기능의 정상화와 최적의 서비스를 제공할 수 있다 이에 본 논문에서는

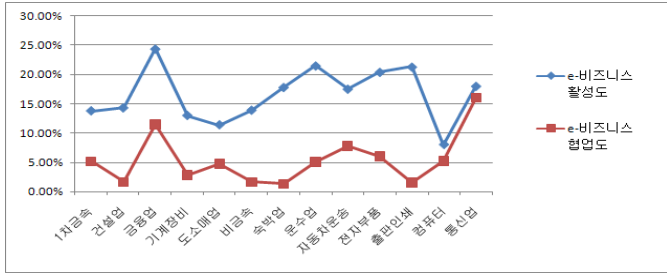
21세기 정보화시대에서의 정보와 시스템의 대규모화에 따른 능동적인 대처를 할 수 있는 Ultra Large Scale 시스템에서의 자율적응형 기술연구를 위하여 Self-Healing, Self-Integrating, Self-Orchestrating, Self-Managing, Self-Adapting의 5가지 기술들을 제안한다 2장에서는 본 논문에서 제안하는 연구를 하기 위한 산업 및 경제적 필요성을 설명하며 3장에서는 관련 연구를 설명하며 4장에서는 본 논문에서 제안한 5가지 핵심 기술들을 설명하고, 마지막 5장에서는 결론을 지으며 본 논문을 기반으로 앞으로 해야할 향후계획에 대하여 설명한다

2. 산업 및 경제적 필요성

2.1 e-Biz 시스템의 초 대형화

산업, 경제적인 측면에서의 Ultra Large Scale 시스템의 필요성을 살펴보면 e-Biz 시스템의 초 대형화로 다음 <그림 1>와 같이 인터넷의 일반화로 전 세계에 연결되어 있는 웹을 통하여 e-비즈니스 산업이 확산되었으며 이 산업이 다른 분야의 비즈니스와 연계되어 시스템의 대형화로 진보하고 있다. 기존 산업계의 비즈니스 모델을 u-서비스 모델로 연계 전환함으로 인하여 사용자는 다양한 서비스를 맞춤형으로 수혜 받고 산업은 경쟁력을 취득할 수 있는 서비스의 연계 융합이 시스템적으로 지원을

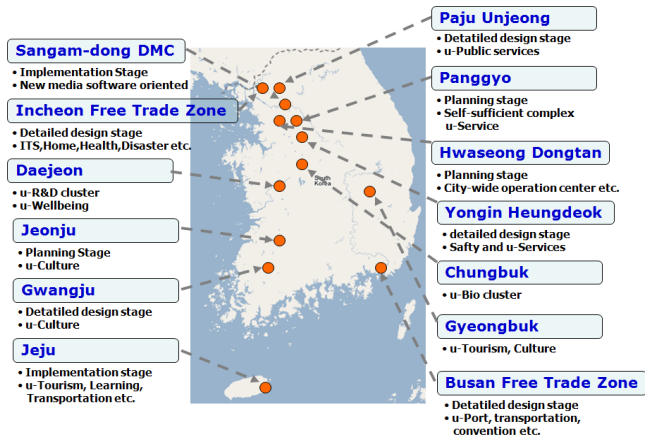
할 필요가 있다.



<그림 1> 업종별 국내 e-Biz 활성화도 및 협업도[4]

2.2 Ultra Large Scale 시스템 및 USN 기반 물류 시스템

우리나라의 u-City 및 USN[5][6] 기반 시스템에 대한 지역적인 전략 사업의 분포도는 <그림 3> 과 같다. u-City 시스템이 유비쿼터스 컴퓨팅 관리 시스템과 접목하여 웹을 이용한 다양한 서비스들을 제어 관리 및 운영할 수 있는 서비스들이 나오고 있으나 보다 심도 있는 u-City 서비스의 연계와 각종 센서들을 통하여 설치 운영되고 있는 시스템들 간의 센서 정보 모니터링 및 평가 분석의 서비스 후속 조치도 필요하다 USN 기술과 Ultra Large Scale 시스템으로의 기술 융합 적용을 위하여 USN이 제공하는 환경에 대한 센싱 데이터의 활용은 전 세계에 흩어져 있는 이기종의 다양한 디바이스 및 정보 시스템들을 상호운용하게 만드는 기술과 융합될 때 극대화 될 것이다.



<그림 2> u-City 및 USN 기반 시스템의 지역적인 전략 사업의 분포도

2.3 자동차 및 조선 산업의 IT 융합화

우리나라의 IT 신기술의 융합 적용이 국제적으로 경쟁력이 있는 산업, 즉 자동차 및 조선 산업으로의 활용의 극대화를 위하여 Ultra Large Scale 시스템에 대한 연구가 필요하며 이는 상당한 시너지 효과를 볼 수 있을 것이다. 또한, Ultra Large Scale 시스템의 설계는 그 특성과도 같이 다양성, 확장성, 신속성, 예외 상황 대처성 등을 갖춘 다양한 서비스에 모두 적용할 수 있는 다산업에

서의 능동적이고 자율적응적인 시스템 아키텍처가 되어야 한다.

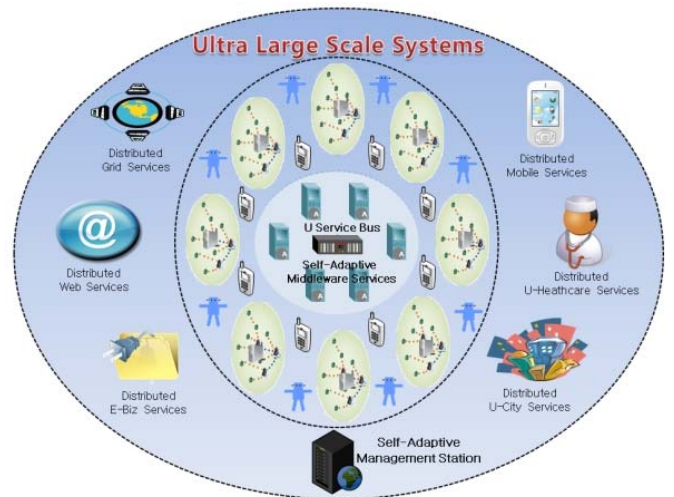
3. 관련 연구

Ultra Large Scale 시스템과 관련된 동향으로서 SMART ULS Systems Forum은 “Ultra-Large-Scale Systems: The Software Challenge of the Future”이라는 저서를 발간한 미국 Carnegie Mellon University의 Software Engineering Institute(SEI)가 주관하고 있는 Forum으로 ULS System에 대한 연구와 이를 위한 Workshop, Conference, Proceeding을 개최 및 발간하고 있다. 미국 Vanderbilt University의 ISIS (Institute For Software Integrated Systems)[7] 연구실은 S/W Integrated Systems을 연구하고 있으며 ULS를 비롯한 대규모의 소프트웨어 통합을 위하여GME, GReAT 등의 개발 도구 및 미들웨어를 개발하고 있다 오스트레일리아에 있는 Lending Industry XML Initiative (LIXI) [8]는 분산되어 있는 기존 산업들을 지원하기 위해 표준화된 BPMN[9] 모델을 의미정렬 상호호환개선, 의미 주석 추가 등을 통해 기술적인 BPEL[10]로 바꾸는 반자동 모델 변환을 연구하고 있다

미국 제너럴 모터스 그룹에서는 자동차와 ULS 시스템을 연결하기 위한 연구를 하고 있으며 이를 위해서 분산화된 통제에 의한 디자인과 런타임 규제 멀티사이트 개발 시스템 조합과 플랫폼 고립에 대처하는 방법 충돌 해결을 위한 기술들을 연구하고 있다

4. Ultra Large Scale System

시스템의 시스템인 다음<그림 3>와 같은 Ultra Large Scale 시스템은 그 규모로 인한 특성으로 인하여 기존 시스템에 존재하는 유사한 문제에 대하여 현재까지와는 다른 접근 방식의 해결방안을 모색하여야 한다 본 연구에서 특별히 다양한 변화에 대한 자율적응성에 대한 다음 핵심 기술들을 연구한다



<그림 3> Ultra Large Scale 시스템 개념도

또한, 대부분의 기존 시스템 연구와는 달리 Ultra Large Scale 시스템의 크기와 다양성의 초 대형화로 생기는 문제점들과 그 Ultra Large Scale 시스템 안에서 일어나는 다양한 변화들을 자율적 대처하여 시스템 스스로가 지속적으로 안정성을 유지하기 위한 자율적응형 시스템의 구조 설계 및 메커니즘 제안에 집중적으로 연구될 것이다.

4.1 Self-Healing

대형 시스템의 일부분으로 존재하는 Dead/Fault Node의 악영향을 자동차단하고 자동복구할 수 있는 초 대형 자율치료형 분산 시스템 구조 및 방안 연구

Ultra Large Scale 자율치료형 분산 시스템 구조 및 방안 연구에서는 Ultra Large Scale 시스템 특성 상 다른 시스템에서 일어나는 오류와 에러상황을 감지하고 차단하며 이로 인한 본 시스템의 작업을 자동 복구할 수 있어야 하므로 현재까지 연구되어왔던 한 시스템 상에서의 Fault Tolerant 특성과는 다른 관점에서 연구되어야 한다

자동 발견 및 탐색 메커니즘 연구	새 장비와 서비스에 대한 효과적인 자동 발견 메커니즘 연구
	새 장비와 서비스에 대한 탐색 메커니즘 연구

유비쿼터스 서비스 버스 및 도메인 어댑터 연구	유비쿼터스 환경 내에 존재하는 다양한 기기나 서비스를 이음새 없이 연계 통합 시켜주는 유비쿼터스 서비스 버스를 연구
	유비쿼터스 환경에서 사용되는 다양한 프로토콜별로 서비스 버스 형태로 변환을 담당하는 도메인 어댑터 기술 연구

자율결합형 분산 통합 게이트웨이 기술 연구	유비쿼터스 서비스 버스 어댑터, 자동 발견 및 탐색 메커니즘을 포함하는 통합게이트웨이 구조 연구
	분산되어 있는 통합게이트웨이들의 자율 결합형 구조 연구

초 대형 자율치료형 분산 시스템 구조 연구	계층적 분산 클러스터 알고리즘 기반의 초 대형 분산 시스템 구조 연구
	액티브/액티브, 액티브/슬레이브형 자율치료형 구조 연구

자동 탐지 및 자동 복구 메커니즘 연구	장애 발생시 자동 탐지하는 효과적인 메커니즘 연구
	장애 발생시 자동 복구하는 효과적인 메커니즘 연구

모빌리티를 이용한 동적 자동 형상관리 구조 연구	초 대형 시스템에 맞는 동적 자동 형상관리 구조 (서비스 형상 패턴 핫스와핑 패턴 등) 연구
	모빌리티를 적용한 동적 자동 형상관리 메커니즘 연구

4.2 Self-Integrating

Ultra Large Scale 시스템 안으로 새롭게 들어온 디지털 기기나 서비스를 이음새 없이 연계통합시키는 자율결합형 분산 통합 게이트웨이 기술 연구

자율결합형 분산 통합 게이트웨이 기술 연구에서는 각종 이기종인 장비와 이기종 서비스를 이음새 없이 연계 통합을 위한 유비쿼터스 서비스 버스 기능을 제공하는 게이트웨이를 소형화 하여 임베디드 시스템에 적재하고 분산되어있는 게이트웨이들을 자율적으로 결합하여 연동하게 하는 기술이 독창적이다

4.3 Self-Orchestrating

필요에 따라 기기 및 서비스들의 조합으로 새로운 복합 서비스 프로세스 생성하고 운영 관리할 수 있는 동적 자율 오케스트레이션 엔진 기술 연구

동적 자율연동형 오케스트레이션 엔진 기술연구에서는 기존의 연구들이 단일 오케스트레이션 서버의 연구에 그친데 반하여 분산되어 있는 오케스트레이션 엔진들이 자율 연동하여 크레오그래피 형태로 통합된 오케스트레이션 서비스를 제공한다

4.4 Self-Managing

Ultra Large Scale 시스템의 요소 기기나 요소 시스템의 리소스 상태를 원격 모니터링하고 장애상황에 능동적 대처할 수 있는 초 대형 능동 자율 관리 시스템 기술 연구

초 대형 능동 자율 관리 시스템 기술 연구에서는 이기종의 정책 기반의 시스템들이 서로 연동 작동하는 진화적으로 배치를 동적 변경하고 형상을 자동으로 관리해주는 구조이다.

초 대형 분산 시스템 상태 감시/관리 시스템 구조 연구	품질을 고려한 서비스 관리요소 추출 방법 연구
	초 대형 분산 시스템상의 관리 요소들의 상태를 웹 서비스 기반 의 분산 관리하는 방법 연구
정책 기반 능동 자율 관리 메커니즘 연구	정책기반 능동적 자율관리 메커 니즘 연구
	서로 다른 정책 기반의 시스템 간의 정책을 연동할 수 있는 구 조 연구
진화적인 배치 및 형상관리 기술 연구	Ultra Large Scale 시스템의 시스 템 요소들의 배치 및 형상관리 자동 화 기술 연구
	시스템의 상태에 따라 진화적으 로 배치를 동적 변경하고 형상을 자동 관리해 주는 구조 연구

시맨틱 지식 프레임워크 연구	센싱 된 정보에 대한 의미론적 상 황과약을 위한 상황 및 주변지식에 대한 시맨틱 기반의 지식정보 표현 기법연구
	센싱된 상황정보와 지식DB에 저장 된 주변 지식정보로부터 현재 정확한 상황을 판단하는 판단엔진 연구
상황적응형 자율 대응 서비스 기술 연구	현재 상태에 대한 판단과 현 위 치,현 시점에서 제공받을 수 있는 서비스로부터 목적달성을 위한 최 적의 행동방식에 대한 결정방법 연구
	정책을 고려한 상황적응형 서비스 를 제공할 수 있게 하는 동적으로 확장가능한 룰 엔진 연구

4.5 Self-Adapting

Ultra Large Scale 시스템의 사용자 프로파일이나 사용 목
적/요구사항 및 사용 환경의 변화에 대해 자동 대응을
하는 상황 적응형 자율 대응 서비스 기술 연구

Context-Aware 형 자율 대응 서비스 기술 연구에서는
기존의 상황인식 연구들을Ultra Large Scale 시스템으로
확장할 때에 생기는 문제들인 부분 상황으로 부터의 전
체 상황 인식 방법 시맨틱적 현 상황 파악 및 정책 기
반의 동적 확장 룰엔진 등을 연구한다

초 대형 상황인지 서비스 컴퓨팅 기술 연구	다양한 센서를 이용한 상황인지 컴퓨 팅 기술을 초 대형 시스템에 적용시의 문제 연구
	부분적 인지정보들을 조합하여 초 대 형 시스템의 전체적인 상태에 대한 파악 및 여러 정보들 중에 핵심 정보 추출 방법연구

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서 제안한 자율 적응형Ultra Large Scale 시스
템은 앞으로 대형 프로젝트에 적용하여 여러 분야의 전
문 기술이 다양하게 융합된 하드웨어나 이기종의 시스템
및 서비스를 보다 효과적으로 만들 수 있을 것이다 아
직까지는 각각의 상황별로 필요한 연구들을 제안한 상태
이나 Ultra Large Scale 시스템이 실제로 운영되기 위하
여 많은 핵심 및 기반 연구 개발을 할 것이며 단순 추
상적인 연계와 통합이 아닌 실질 적인 시스템 설계와 인
프라 구조 연구를 통하여 개발해 나갈 것이다 또한, 개
발 후에 테스트를 위하여Ultra Large Scale 시스템을 위
한 시뮬레이터를 개발 하려고 한다 기존의 대형 시스템
의 연구가 전체적으로 시뮬레이션 형태로 이루어진 것에
반하여 본 논문에서 제안한 연구에서는 실제로 구현하기
힘든 Ultra Large Scale 시스템은 시뮬레이터 형태로 구
현하고 앞으로 연구 개발 될 자율적응형 응용 모듈들은
실제 어플리케이션 형태로 개발하여 어플리케이션이 시
뮬레이션 시스템과 같이 돌아가는Software In the Loop
형태의 프로토타입 시스템을 개발하여 테스트를 할 것이
다.

6. 참고문헌

- [1] "Ultra-Large-ScaleSystem",
<http://www.sei.cmu.edu/uls>
- [2] L. Northrup. Ultra-large-scale systems: The software
challenge of the future. Technical report, Software
Engineering Institute, 2006.
- [3] L. Northrop, R. Kazman, M. Klein, D. Schmidt, et al.,

- "Ultra-Large Scale Systems: The Software Challenge of the Future," 2006.
- [4] "한국전자거래진흥원" <http://www.kiec.or.kr/>
- [5] P. Levis and D. Culler. Mat'c: a tiny virtual machine for sensor networks. In Proceedings of the ACM Conference on Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS X), Oct. 2002.
- [6] P. Levis, N. Lee, M. Welsh, and D. Culler. TOSSIM: Simulating large wireless sensor networks of tinyos motes. In Proceedings of the First ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys 2003), 2003.
- [7] "Institute for Software Integrated Systems(ISIS)", <http://www.isis.vanderbilt.edu/>
- [8] "Lending Industry XML Initiative" <http://www.lixi.org.au/>
- [9] BPMI.org (2004) Business Process Modeling Notation (BPMN). Version 1.0 - May 3, 20, URL <http://www.bpmi.org/>, Accessed 2005-03-02.
- [10] Business Process Execution Language for Web Services, 2003. <http://www.ibm.com/developerworks/library/ws-bpel/>
- [10] F. Samimi, P. K. McKinley, and S. M. Sadjadi, "Mobile service clouds: A self-managing infrastructure for autonomic mobile computing services," in Proceedings of the Second IEEE International Workshop on Self-Managed Networks, Systems
- [11] L. Northrup. Ultra-large-scale systems: The software challenge of the future. Technical report, Software Engineering Institute, 2006.
- [13] M. Aksit and Z. Choukair, "'Dynamic, Adaptive, and Reconfigurable Systems Overview and Prospective Vision,'" *Proc. 23rd Int'l Conf. Distributed Computing Systems Workshops (ICDCSW03)*, IEEE CS Press, May 2003, pp. 84-89.
- [16] Dourish, P. "Seeking a Foundation for Context-Aware Computing." *Human-Computer Interaction* 16 (2001): 229-241.
- [17] Dourish, P. "Where the Action Is: The Foundations of Embodied Interaction." Cambridge, MA: MIT Press, 2001.
- [18] Koza, J. "Genetic Programming: On the Programming of Computers by Means of Natural Selection.", Cambridge, MA: MIT Press, 1992.
- [19] Koza, J. Genetic Programming II: Automatic Discovery of Reusable Programs. Cambridge, MA: MIT Press, 1994.
- [20] Sandholm, T. "Distributed Rational Decision Making," 201 - 258. *Multiagent Systems: A Modern Introduction to Distributed Artificial Intelligence*. Weiss, G., ed. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.
- [21] Shneidman, J. & Parkes, D. "Rationality and Self-Interest in Peer to Peer Networks." Proceedings of the 2nd International Workshop on Peer-to-Peer Systems (IPTPS '03). Berkeley, CA, Feb. 20 - 21, 2003. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2003.
- [22] Thompson, A. "Notes on Design Through Artificial Evolution: Opportunities and Algorithms," 17 - 26. *Adaptive Computing in Design and Manufacture V*. Berlin, Germany: Springer-Verlag, 2002.
- [23] Boehm, B. W. *Software Engineering Economics*. Prentice Hall, 1981.
- [24] Boehm, B. W. & Sullivan, K. "Software Economics: A Roadmap." *The Future of Software Engineering*. Association for Computing Machinery, 2000.
- [25] Griswold, W. G.; Sullivan, K.; Song, Y.; Shonle, M.; Tewari, N.; Cai, Y.; & Rajan, H. "Modular Software Design with Crosscutting Interfaces." *IEEE Software* 23, 1 (January/February, 2006): 51-60.
- [26] Sullivan, K. J.; Chalasani, P.; Jha, S.; & Sazawal, V. "Software Design as an Investment Activity: A Real Options Perspective." *Real Options and Business Strategy: Applications to Decision Making*. L. Trigeorgis (ed.). Risk Books, 1999.
- [27] Prowell, S.; Trammell, C. J.; Linger, R.; & Poore, J. H. *Cleanroom Software Engineering: Technology and Process*. SEI Series in Software Engineering. Reading, MA: Addison-Wesley Longman, 1999.
- [28] Subramonian, V.; Shen, L-J; Gill, C.; & Wang, N. "The Design and Performance of Dynamic and Static Configuration Mechanisms in Component Middleware for Distributed Real-Time and Embedded Systems." Proceedings of the 25th IEEE International Real-Time Systems Symposium. Lisbon, Portugal, December 5-8, 2004.
- [29] Wang, X.; Lu, C.; & Koutsoukos, X. "Enhancing the Robustness of Distributed Real-Time Middleware via End-to-End Utilization Control." *IEEE Real-Time Systems Symposium (RTSS '05)*, December 2005.
- [30] Candea, G.; Brown, A.; Fox, A.; & Patterson, D. "Recovery Oriented Computing: Building Multi-Tier Dependability." *IEEE Computer* 37, 11 (Nov. 2004).